ISSN 0365-7043

ISTITUTO SPERIMENTALE PER LA NUTRIZIONE DELLE PIANTE - ROMA

M. VISINTINI ROMANIN L. MARIZZA

EFFETTI DELLA CONCIMAZIONE AZOTATA ($N\text{-}NH_4$ e $N\text{-}NO_3$) AL MAIS: INFLUENZA SULL'ASSORBIMENTO DEGLI ALTRI IONI.

NITROGEN FERTILIZATION ($N\text{-}NH_4$ AND $N\text{-}NO_3$) OF CORN: INFLUENCE ON UPTAKE OF OTHER IONS.

ROMA — 1981-1982

Premessa

Il mais è una pianta capace di utilizzare forti quantità di azoto. Questo elemento però influisce sull'assorbimento dei vari elementi e sul bilancio cationi-anioni, non solo a seconda delle quantità fornite ma anche in relazione a tanti altri fattori che non sempre vengono presi in considerazione.

Dalla letteratura e per nostre esperienze, numerose risultano le prove di campagna condotte per valutare gli effetti delle varie forme e quantità di azoto fornite ai terreni per ottenere le massime produzioni di mais. Numerosi sono anche i dati ottenuti da prove condotte in vaso o in laboratorio per controllare l'influenza delle varie forme di azoto sull'assorbimento degli elementi nutritivi.

Nella attuale pratica agronomica della coltura del mais vengono impiegate forti quantità di concimi azotati senza una corretta valutazione delle possibili diversità di comportamento delle varie forme di azoto nei riguardi delle varietà di mais, dei tipi di terreno, del clima, dei modi e tempi di distribuzione e sul loro comportamento nei riguardi degli altri elementi nutritivi.

In base ai dati riportati dalla letteratura, relativamente alle analisi delle varie parti della pianta di mais nei diversi stadi vegetativi, vengono generalmente considerate valide ed indicative le determinazioni dei vari cationi ed anioni eseguite su campioni di foglie alla fioritura e precisamente su un congruo numero di foglie raccolte alla base della prima spiga. L'analisi fogliare può avere una buona applicazione pratica per ottenere indicazioni sulle produzioni, in special modo quando viene accompagnata dalle relative analisi dei terreni, le quali forniscono a loro volta i dati per una determinazione delle necessità in elementi nutritivi.

La possibilità di mettere in evidenza una relazione fra il contenuto di azoto nelle piante giovani, nelle foglie alla fioritura e le relative produzioni di mais, ci hanno fatto impostare le nostre ricerche in modo da poter ottenere dalle prove di campagna i materiali (terreni e piante) atti a fornire gli elementi necessari per un tentativo di interpretazione degli effetti di una concimazione azotata (ammoniacale e nitrica) sull'assorbimento dei vari anioni e cationi.

Sulla base dei risultati ottenuti da recenti prove sperimentali (16), condotte per controllare le reali necessità di potassio su mais fortemente concimati con azoto e valutare le possibili relazioni fra caratteristiche del terreno, produzione e composizione fogliare, sono state effettuate le prove di cui si riferisce in questa nota.

Vengono illustrati i risultati relativi alle forme di azoto riscontrate nei terreni in quattro momenti della coltura, nonchè nelle piante intere all'emissione dell'ottava foglia e nelle foglie all'emissione della seta.

Con i valori degli elementi minerali (N, P, S, Cl, K, Na, Ca, Mg, SiO_2, Fe, Mn, Cu, Zn) sono stati calcolati i principali rapporti, i bilanci anioni e cationi e gli indici DRIS (Sistema Integrato di Diagnosi e Raccomandazione) secondo Beaufils e Sumner (2), (14), (15), (16) per un tentativo di valutazione dello stato nutrizionale delle piante intere all'ottava foglia e delle foglie dell'infiorescenza femminile alla fioritura e inoltre per ottenere utili indicazioni sull'ordine di necessità dei vari elementi.

Materiali e Metodi

Le prove di pieno campo sono state condotte su terreni calcarei di diversa natura, in due località della Bassa pianura friulana (Udine) (*): Castions delle Mura e C. Leoni di Aquileia, dove non sempre si possono raggiungere elevate produzioni di mais.

Nell'analisi dei terreni sono stati adottati i metodi riportati nella citata nota (16).

Gli apporti di azoto sotto forma ammoniacale e nitrica sono stati eseguiti con le stesse quantità (Kg/ha 246) e modalità nei due campi, mentre per la concimazione fosfo-potassica abbiamo seguito le formule di concimazione aziendale.

L'azoto ammoniacale è stato fornito come ammoniaca anidra iniettata nel terreno in un'unica soluzione in presemina, con apposita apparecchiatura, alla profondità di 15-20 cm.

L'azoto nitrico è stato apportato in copertura, come nitrato di calcio, in due soluzioni.

Le prove sono state condotte con due varietà di mais Dekalb: Rex cl 400; XL72A cl 600.

Su tutti i campioni di terreno prelevati a varie profondità, in quattro momenti diversi (prima della semina, alla formazione dell'8ª foglia, all'inizio della fioritura, alla maturazione) sono state determinate le forme di azoto nitrico e ammoniacale (in KCl), oltre all'azoto totale.

Allo stadio di sviluppo veloce verticale della pianta (emissione 8ª foglia, 5° stadio secondo vari Autori) sono state raccolte da ogni parcella venti piante, mentre al momento della fioritura (emissione della seta nelle spighe, 8° stadio

---

(*) L'Istituto ringrazia vivamente le Aziende Costantini Scala di Castions delle Mura e Giacomelli di Ca' Leoni di Aquileia per l'ospitalità e la collaborazione prestate.

secondo vari Autori) sono state raccolte trenta foglie dell'infiorescenza femminile (ear leaf - silking stage). Le operazioni di raccolta sono state condotte sempre al mattino (fra le ore 9.30 e 11.00 a.m.) ed i campioni sono stati essiccati a 70-75 °C e preparati per le varie determinazioni secondo i metodi da noi precedentemente adottati.

Gli indici DRIS secondo Beaufils (2) sono stati calcolati come descritto da Sumner (14) (15).

Caratteristiche dei terreni

Nella tabella 1 sono riportate le caratteristiche dei terreni sui quali sono state condotte le prove (*).

Il terreno di Castions delle Mura loc. Treleani derivato da alluvioni fluvio post-glaciali è discretamente fornito di scheletro, decisamente calcareo, a reazione subalcalina, con tessitura di medio impasto, moderatamente dotato di azoto totale e di sostanze organiche, con basso rapporto C/N. La capacità di scambio cationico totale è bassa, l'indice di stabilità di struttura risulta mediocre nel primo strato, scadente nel secondo. Scarsamente fornito di anidride fosforica e ossido di potassio di riserva, piuttosto ben dotato di P_2O_5 e K_2O assimilabili. Il terreno di Castions pur avendo uno strato coltivabile discreto (50-60 cm) presenta un sottosuolo ghiaioso con falda acquifera profonda. In tali condizioni le colture estive, in particolare il mais in talune annate siccitose, hanno bisogno di interventi irrigui adeguati (nel 1983 sono stati eseguiti tre interventi).

Il terreno di C. Leoni di Aquileia, ubicato in zona litoranea a meno di due chilometri dalla laguna, è di natura sciolta, praticamente privo di scheletro, con tessitura di medio impasto tendente al sabbioso, molto calcareo, a reazione subalcalina, discretamente dotato di azoto totale e di sostanze organiche nello strato 0-25 cm. La capacità di scambio cationico è piuttosto bassa, l'indice di stabilità di struttura risulta discreto. Decisamente povero di anidride fosforica e di ossido di potassio di riserva accessibile, risulta scarsamente dotato delle rispettive forme assimilabili. Il terreno di C. Leoni presenta un franco di bonifica poco profondo per cui la falda acquifera anche in casi di estrema siccità, come quello dell'annata 1983, si trova sempre a 50-60 cm di profondità. A questo livello si rinviene quasi sempre uno strato di caranto calcareo, attualmente rotto dai mezzi meccanici con le arature profonde. In tali condizioni le colture estive, come il mais, non soffrono o comunque soffrono meno le forti temperature e la siccità.

(*) La valutazione delle caratteristiche dei terreni e delle dotazioni di alcuni elementi nutritivi, ed in particolare delle frazioni assimilabili, è fatta in base ad una consolidata e lunga nostra esperienza sui terreni della regione.

TABELLA N. 1 — *Caratteristiche granulometriche, fisiche e chimiche dei terreni in prova. Physical and chemical characteristics of soil samples.*

	Castions delle Mura Mais forme N		C. Leoni - Aquileia	
	0-25	25-50	0-25	25-50
Sulla terra secca all'aria:				
Scheletro > 10 mm . . . . %	14.82	13.58	—	—
Scheletro da 10 a 5 mm . . . %	8.25	8.20	—	—
Scheletro da 5 a 3 mm . . . %	4.21	4.38	—	—
Scheletro da 3 a 2 mm . . . %	2.69	2.69	—	—
Scheletro da 2 a 1 mm . . . %	2.78	2.92	—	—
Scheletro totale . . . . . %	32.75	31.77	—	—
Terra fina (< a 1 mm) . . . %	67.25	68.23	100.00	100.00
Sulla terra fina secca all'aria:				
sabbia (diametro da 1 a 0.02 mm) %	57.99	58.33	61.73	70.22
limo (diametro da 0.02 a 0.002 mm) %	21.85	21.75	19.85	15.93
argilla (diametro < a 0.002 mm) %	20.16	19.92	18.42	13.85
pH in H_2O (rapp. 1 : 2.5) . . .	7.80	7.80	7.75	7.75
pH in KCl (rapp. 1 : 2.5) . . .	7.15	7.10	7.10	7.25
calcare totale . . . . . %	24.5	35.1	33.0	34.5
N totale (metodo Kjeldahl) . . %	0.193	0.193	0.228	0.184
C organico (metodo Walkley-Black) %	1.39	1.40	1.76	1.33
C/N	7.20	7.25	7.72	7.23
humus (da C organico × 1.724) . %	2.40	2.41	3.03	2.29
P_2O_5 sol. in HNO_3 conc. e boll. . %	0.077	0.083	0.078	0.054
K_2O sol. in HCl conc. e boll. . %	0.183	0.168	0.135	0.113
P_2O_5 assim. (metodo Morgan-Peech) mg/kg	48.2	46.6	22.2	13.6
P_2O_5 assimilabile (met. Olsen) mg/kg	49.5	49.9	21.1	11.9
K_2O assimilabile (met. Morgan-Peech) mg/kg	87.5	77.5	52.5	52.5
K_2O assim. (da K scambiabile) mg/kg	159.0	153.0	119.0	62.0
Capacità di scambio cationico (C.S.C.) meq/100g	14.1	13.7	17.0	12.9
Saturazione igroscopica (*) . . %	4.8	4.6	4.9	3.9
Umidità equivalente (*) . . . %	32.5	33.8	32.7	20.3
Stabilità di struttura (I.S.) . .	29.0	17.9	44.6	33.8

(*) riferimento a % di peso secco a 105 °C.

Andamenti termopluviometrici

I mesi primaverili-estivi del 1983, che hanno interessato i mais in prova nelle due zone di Castions delle Mura e di C. Leoni di Aquileia (Ud), sono stati caratterizzati da insufficienti precipitazioni meteoriche. Nel periodo Aprile-Settembre sono caduti meno di 500 mm, dei quali in media solo 90 mm fra la prima decade di giugno e la terza decade di luglio, nelle fasi cioè di intenso sviluppo vegetativo e di maggior evapotraspirazione. Corrispondentemente si sono avute le maggiori punte di temperatura di questo periodo (33 °C).

I dati relativi alle precipitazioni e alle temperature vengono riportati nei grafici della Figura 1.

Risultati e Discussione

Azoto nei terreni e nelle piante di mais

Nelle figure 2, 3, 4, 5 vengono riuniti tutti i risultati relativi alle forme di azoto presenti nei terreni e nelle piante.

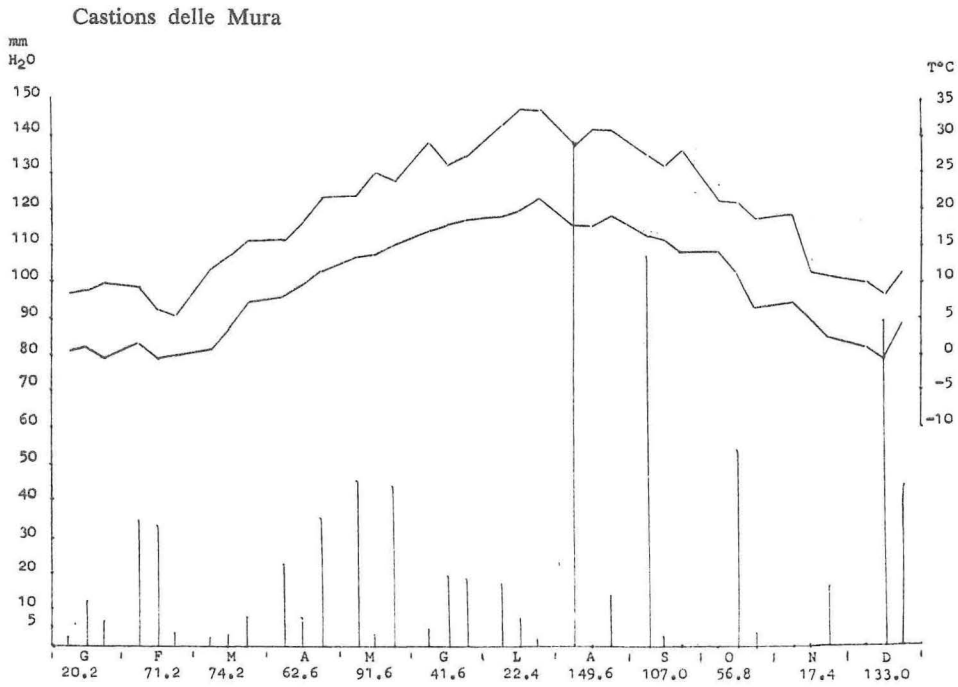
Le quantità di azoto ammoniacale e nitrico estratte dai campioni di terreno prelevati dalle parcelle corrispondenti alle tre varianti (concimazione azotata zero, ammoniaca anidra, nitrato di calcio) e relative ai quattro stadi della coltura (immediatamente prima della semina-stadio O, all'emissione dell'ottava foglia-stadio 5°, all'emissione della seta-stadio 8°, alla maturazione-stadio 9°) si riferiscono ai valori medi delle rispettive ripetizioni, sono espresse in % di sostanza secca e riportati per un confronto immediato con i valori riscontrati nelle piante e nelle foglie.

In ambedue i terreni le quantità di azoto ammoniacale solubile risultano, sia alla semina che allo stadio dell'ottava foglia, relativamente basse nei due strati e dello stesso ordine di grandezza tanto nelle parcelle controllo che in quelle concimate con NH_3 e Ca $(NO_3)_2$. Al momento della fioritura e alla maturazione le quantità di NH_4 solubile presenti nei terreni risultano trascurabili.

Per quanto riguarda l'azoto nitrico si può rilevare:

— nelle parcelle controllo è presente in quantità relativamente sensibili dalla semina allo stadio dell'ottava foglia, per diminuire fortemente alla fioritura e aumentare leggermente alla fine della coltura nel terreno di Castions;

— nelle parcelle trattate con NH_3 l'azoto nitrico si trova già alla semina in quantità sensibili e particolarmente elevate nello strato 25-50 a Castions, mentre nel terreno di C. Leoni aumenta dalla semina alla fioritura per diminuire alla maturazione;



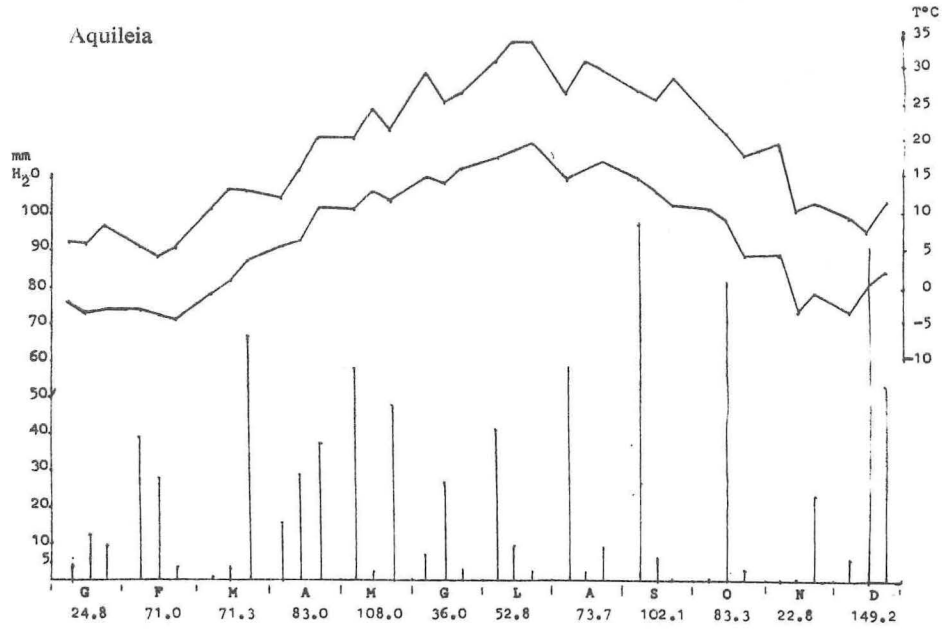


Fig. 1 — Temperature e precipitazioni nelle due località di prova (1983).

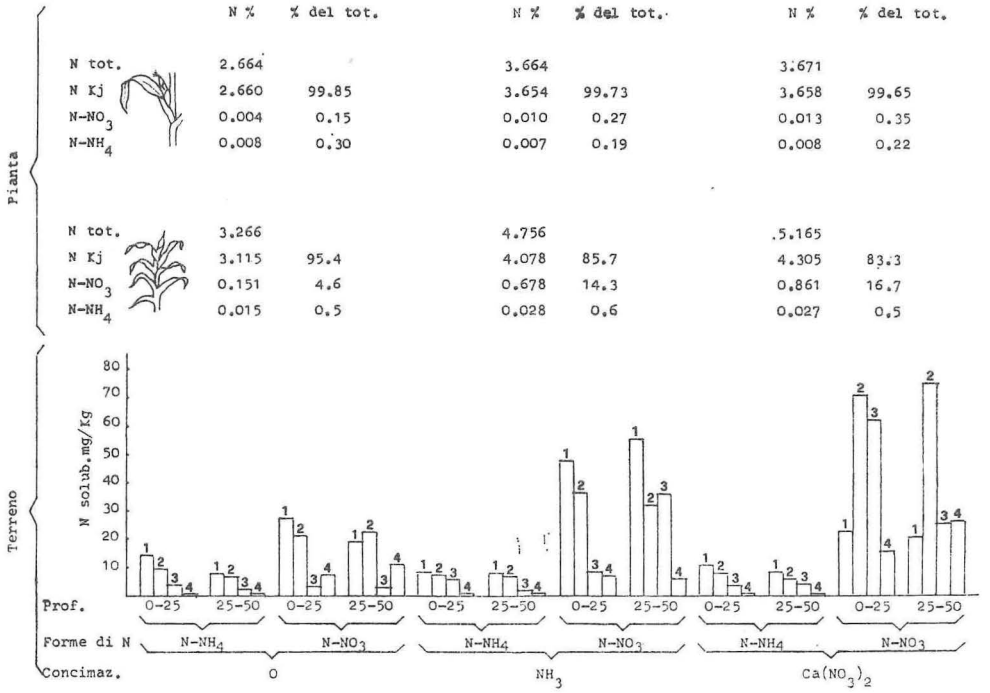


Fig. 2 — Campo di Castions delle Mura - Mais cl 400
Forme di N in terreni e piante
1 alla semina, 2 all'ottava foglia, 3 alla fioritura, 4 alla raccolta.

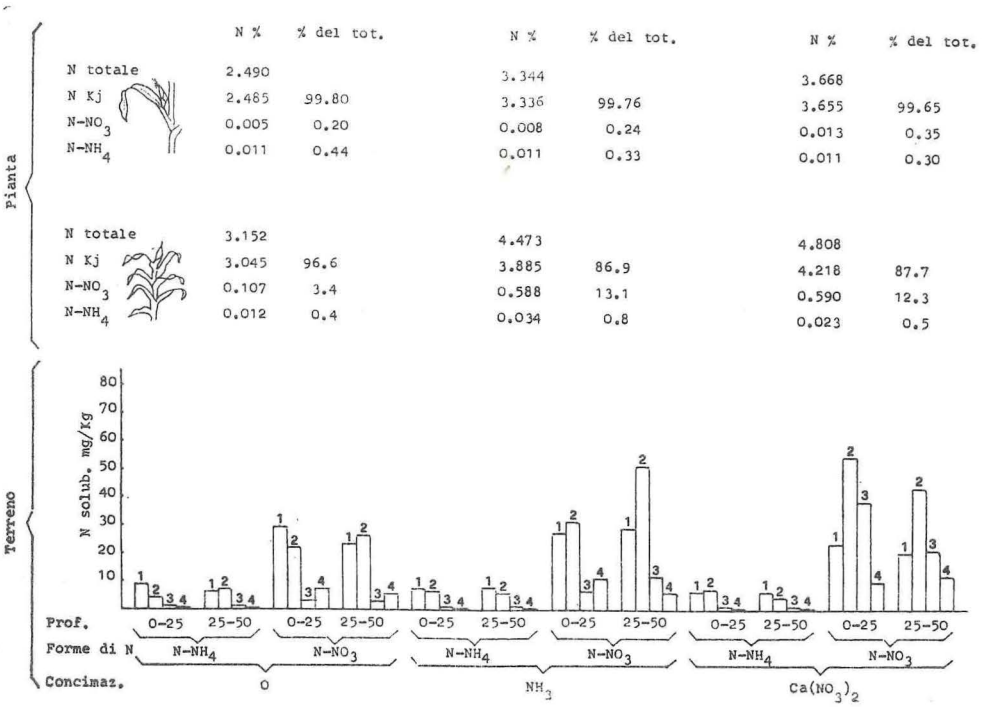


Fig. 3 — Campo di Castions delle Mura - Mais cl 600
Forme di N in terreni e piante
1 alla semina, 2 all'ottava foglia, 3 alla fioritura, 4 alla raccolta.

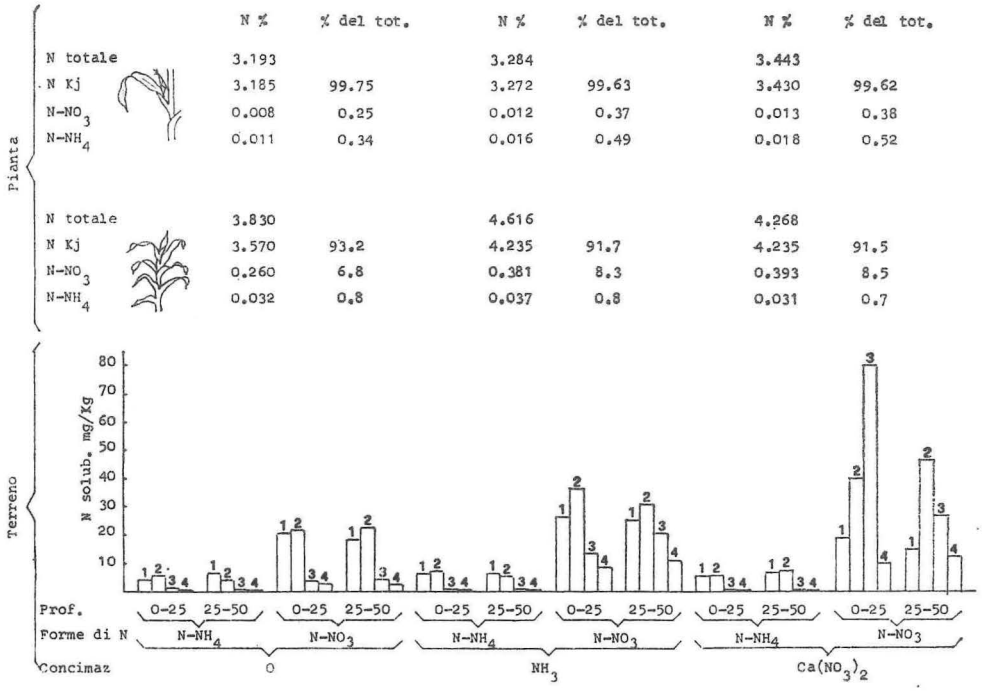


Fig. 4. — Campo di C. Leoni di Aquileia - Mais cl 400
Forme di N in terreni e piante
1 alla semina, 2 all'ottava foglia, 3 alla fioritura, 4 alla raccolta.

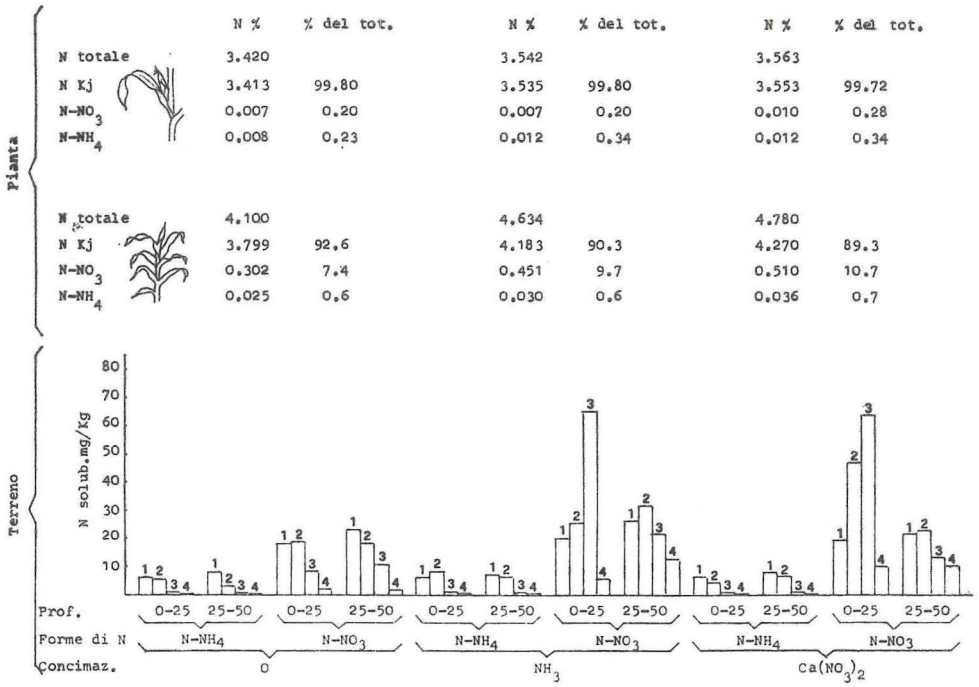


Fig. 5 — Campo di C. Leoni di Aquileia - Mais cl 600
Forme di N in terreni e piante
1 alla semina, 2 all'ottava foglia, 3 alla fioritura, 4 alla raccolta.

— nelle parcelle trattate con nitrato di calcio l'azoto nitrico è molto elevato dall'ottava foglia alla fioritura e particolarmente nello strato 0-25 cm;

— in campioni di terreno prelevati oltre i 50 cm di profondità, tanto all'inizio che alla fine della coltura, le quantità di $N\text{-}NO_3$ risultano sensibili (nelle generalità 20 mg/Kg). Vanno segnalate in particolare le forti quantità riscontrate in alcune parcelle del campo sperimentale di Castions, concimate con ammoniaca (40 mg/Kg) contro valori controllo molto bassi (0.3-1.0 mg/Kg).

Si è ritenuto utile esprimere i contenuti in azoto nitrico e ammoniacale, dei campioni medi di piante intere al 5° stadio e di foglie alla fioritura - 8° stadio, anche in % dell'azoto totale.

Nei campioni di mais provenienti da parcelle concimate con azoto, tali quantità risultano aumentate rispetto ai controlli, di percentuali diverse nei due campi di prova e nei due stadi vegetativi considerati. Le quantità di azoto sotto forma ammoniacale presenti nelle piante e nelle foglie risultano nella generalità molto esigue, mentre la presenza di azoto nitrico va presa in considerazione separatamente per le due varietà e per i due campi in prova:

— *Castions delle Mura*: nelle piante di mais cl 400 all'ottava foglia l'azoto nitrico espresso in % dell'azoto totale passa da 4.6 dei controlli a 14.3 e 16.7 nei campioni di piante concimate rispettivamente con ammoniaca e nitrato di calcio; nelle piante di mais cl 600 si ritrovano i seguenti valori di azoto nitrico in % del totale: controllo 3.4, ammoniaca 13.1, nitrato di calcio 12.3.

— *C. Leoni di Aquileia*: le quantità di azoto nitrico espresse sempre in % dell'azoto totale presentano differenze molto più limitate; mais cl 400: controllo 7.4, ammoniaca 9.7, nitrato di calcio 10.7; mais cl 600: controllo 6.8, ammoniaca 8.3, nitrato di calcio 8.5. Va ricordato ancora che al quinto stadio le parcelle concimate con nitrato di calcio avevano ricevuto metà dose di azoto nitrico.

Alla fioritura (8° stadio) le quantità di azoto, tanto sotto forma ammoniacale che nitrica, risultano trascurabili in tutti i campioni di foglie sia delle parcelle controllo sia di quelle concimate, tanto con azoto ammoniacale in presemina che con azoto nitrico in copertura con due interventi.

Dai valori degli aumenti di azoto totale, nitrico e ammoniacale, espressi in % del relativo azoto dei controlli (Tabella 2) si possono riassumere le seguenti osservazioni:

— al 5° stadio gli aumenti di azoto totale e nitrico risultano nella generalità più elevati nelle parcelle trattate con nitrato di calcio che in quelle trattate con ammoniaca (va ribadito che alla data del campionamento gli apporti di azoto ammoniacale effettuati in presemina ammontavano a 246 Kg/ha e quelli di azoto nitrico con il primo intervento in copertura a 123 Kg/ha);

TABELLA N. 2 — *Aumenti di azoto nelle piante e nelle foglie in % dell'azoto dei controlli.*
Plants and leaves nitrogen increases in % of controls.

	5° stadio						8° stadio					
	Cl 400			Cl 600			Cl 400			Cl 600		
	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$
Castions delle Mura												
Azoto totale %	3.266	4.756	5.165	3.152	4.473	4.808	2.664	3.664	3.671	2.490	3.344	3.668
» » aumento %		45.6	58.1		41.9	52.5		37.5	37.8		34.3	47.3
Azoto nitrico %	0.151	0.678	0.861	0.107	0.588	0.590	0.004	0.010	0.013	0.005	0.008	0.013
» » aumento %		349.0	470.2		449.5	451.4		150.0	225.0		60.0	160.0
Azoto ammoniacale %	0.015	0.028	0.027	0.012	0.034	0.023	0.008	0.007	0.008	0.011	0.011	0.011
» » aumento %		86.7	80.0		183.3	91.7		—	—		—	—
C. Leoni di Aquileia												
Azoto totale %	4.100	4.634	4.780	3.830	4.616	4.628	3.420	3.542	3.563	3.193	3.284	3.443
» » aumento %		13.0	16.6		20.5	20.8		3.6	4.2		2.8	7.8
Azoto nitrico %	0.302	0.451	0.510	0.260	0.381	0.393	0.007	0.007	0.010	0.008	0.012	0.013
» » aumento %		49.3	68.9		46.5	51.2		—	42.9		50.0	62.5
Azoto ammoniacale %	0.025	0.030	0.036	0.032	0.037	0.031	0.008	0.012	0.012	0.011	0.016	0.018
» » aumento %		20.0	44.0		15.6	—		50.0	50.0		45.5	63.6

— sempre al 5° stadio gli aumenti di $N\text{-}NO_3$ nei campioni di Castions risultano molto alti: nella media generale l'azoto è 0.129% nei controlli, 0,633% nelle piante concimate con ammoniaca, 0.726% nelle piante delle parcelle nitratate;

— nel campo di C. Leoni i contenuti di azoto nitrico dei campioni di piante al 5° stadio non concimate sono relativamente elevati e gli aumenti percentuali rispetto ai controlli risultano meno accentuati: controllo 0,281%, piante con ammoniaca 0.416%, piante con nitrato di calcio 0.452%;

— all'8° stadio le foglie dell'infiorescenza femminile contengono azoto sotto forma ammoniacale e nitrica in quantità che appaiono trascurabili in valore assoluto (rispettivamente in media 0.010% e 0.011%), ma quando le differenze vengono espresse come aumenti percentuali rispetto ai tenori in N dei controlli (Tabella 2) si possono mettere in evidenza le diversità di comportamento delle due forme di azoto nei campioni delle due varietà di mais raccolti dai due campi in prova.

Nella tabella 3 vengono riportati, oltre alle produzioni, i dati relativi alla sostanza secca dei vari campioni di piante e foglie esaminati ed i pesi secchi medi di 1 pianta al quinto stadio e di una foglia all'ottavo stadio, nonchè i pesi unitari relativi ad una singola spiga matura.

Al quinto stadio le differenze di peso riscontrate nei campioni delle piante dei due campi sono sensibili. Va rilevato che a Castions le piante delle parcelle concimate con ammoniaca presentano pesi secchi più elevati, mentre a C. Leoni risultano più elevati i pesi delle piante concimate con nitrato (azoto metà dose), ed inoltre i pesi dei campioni relativi al trattamento con ammoniaca risultano più bassi dei controlli.

All'ottavo stadio invece, i pesi secchi medi di una foglia di C. Leoni risultano lievemente più elevati di quelli di Castions ma le differenze fra i vari trattamenti non sono significative.

Per quanto riguarda le produzioni di granella secca, risulta evidente il differente comportamento nelle due località: a Castions i trattamenti azotati, sia ammoniacali che nitrici, hanno fornito risultati produttivi medi molto superiori allo zero e la classe 600 ha prodotto di più della classe 400; ad Aquileia le produzioni ottenute nel trattamento zero si avvicinano a quelle fornite dalle parcelle concimate con azoto, per rivelare alla fine produzioni medie maggiori di quelle conseguite a Castions e una tendenziale maggior produzione con la classe 400.

Si ritiene che tali comportamenti siano da imputare per buona parte al particolare andamento climatico dell'annata 1983 che ha favorito le produzioni di Aquileia, dove la costante presenza di acqua nella falda ha mantenuto quantità di umidità ottimali in tutti gli strati esplorati dalle radici per tutto il perio-

TABELLA N. 3 — *Produzioni e pesi di piante, foglie e spighe.*

Yields and weights of plants, leaves and cobs.

	Concimazione Kg/ha N P_2O_5 K_2O	Trattamento azotato	Piante all'ottava foglia - 5° stadio					Piante all'ottava foglia - 8° stadio					Spighe			Produzione q.li/ha granella 15.5% umid.
			data di prel.	peso fresco 20 piante	peso secco 20 piante	sost. secca %	peso secco 1 pianta	data di prel.	peso fresco 30 foglie	peso secco 30 foglie	sost. secca %	peso secco 1 foglia	granella peso secco 1 spiga	tutoli peso secco 1 tutolo	rapporto granella tutoli	
Castions delle Mura																
cl 400	66 198 190	O	7/6	1047.80	112.30	10.72	5.62	11/7	571.54	141.00	24.67	4.70	112	16.6	6.8	63.6
cl 400	+ 246 (presemina)	NH_3	7/6	1239.20	129.98	10.49	6.50	11/7	549.13	142.17	25.89	4.74	176	21.7	8.1	99.9
cl 400	+ 246 (con 2 int.)	$Ca(NO_3)_2$	7/6	1203.30	127.70	10.61	6.39	11/7	584.87	146.69	25.08	4.89	167	28.2	5.9	94.9
cl 600	66 198 190	O	7/6	1144.90	116.65	10.19	5.83	13/7	626.20	153.04	24.44	5.10	122	18.5	6.6	75.1
cl 600	+ 246 (presemina)	NH_3	7/6	1458.60	148.97	10.22	7.45	13/7	685.08	160.72	23.46	5.36	179	30.3	5.9	110.2
cl 600	+ 246 (con 2 int.)	$Ca(NO_3)_2$	7/6	1230.01	131.75	10.69	6.59	13/7	695.82	162.89	23.41	5.43	187	25.1	7.5	115.1
C. Leoni Aquileia																
cl 400	36 92 180	O	9/6	713.10	85.78	12.03	4.29	13/7	534.98	152.63	28.53	5.09	182	25.0	7.3	112.0
cl 400	+ 246 (presemina)	NH_3	9/6	692.20	82.59	11.93	4.13	13/7	559.80	153.95	27.50	5.13	188	23.9	7.9	115.7
cl 400	+ 246 (con 2 int.)	$Ca(NO_3)_2$	9/6	790.10	97.07	12.29	4.85	13/7	584.27	160.21	27.42	5.34	201	27.9	7.2	123.7
cl 600	36 92 180	O	9/6	728.80	87.47	12.00	4.37	16/7	662.33	166.51	25.14	5.55	172	28.0	6.1	105.9
cl 600	+ 246 (presemina)	NH_3	9/6	709.80	85.10	11.99	4.25	16/7	672.62	167.55	24.91	5.59	175	26.7	6.6	107.7
cl 600	+ 246 (con 2 int.)	$Ca(NO_3)_2$	9/6	759.30	92.23	12.15	4.61	16/7	711.40	163.20	22.94	5.44	195	31.9	6.1	120.0

do colturale. L'azoto nitrico, dato in due volte in copertura, ha determinato quasi sempre maggiori produzioni, fatta eccezione per la classe 400 di Castions.

Le produzioni in granella al 15.5% di umidità oltre a risentire dell'andamento climatico dell'annata in modo diverso nelle due località sono state influenzate, all'inizio della vegetazione, da un imprevisto attacco di agrotidi superato con opportuni trattamenti.

Composizione minerale, rapporti e bilanci anioni-cationi

Nelle tabelle 4 e 5 vengono riportati i valori degli elementi nutritivi, determinati sui vari campioni di piante e foglie, espressi in % di sostanza secca, e i valori dei principali rapporti fra macro e microelementi. Per una valutazione dello stato nutrizionale delle piante di mais, al 5° stadio e delle foglie all'8° stadio, i valori minimi e massimi riscontrati vengono riportati nella tabella 6 e sono posti a confronto con i limiti di sufficienza di Lockman e di Neubert et. al. (11).

Nelle piante all'ottava foglia (~ 28 giorni dopo l'emergenza) i valori riscontrati nei campioni del campo di Castions si avvicinano o rientrano nei limiti di sufficienza riportati in letteratura, mentre tutti i valori ottenuti dai campioni del campo di C. Leoni-Aquileia, escluso l'azoto, risultano molto inferiori ai citati limiti di sufficienza.

Se prendiamo invece in considerazione i valori ottenuti tenendo presente i numerosi dati relativi a « livelli critici, adeguati o alti » della letteratura al momento della fioritura e quelli da noi ottenuti in vari anni di analisi fogliare del mais (16), si può osservare, per ognuno degli elementi considerati, quanto segue:

Azoto — A Castions i livelli risultano adeguati con la concimazione azotata, mentre a C. Leoni risultano tali anche quelli con la dose zero di azoto;

Fosforo — nella generalità si hanno livelli adeguati ma da ritenere scarsi per elevate produzioni;

Zolfo — sempre livelli bassi secondo vari Autori (1) (16);

Cloro — i dati riportati in letteratura sono limitati; le piante al 5° stadio presentano sensibili contenuti in cloro che risultano più elevati nei campioni delle parcelle non concimate con azoto e meno elevati in quelli delle parcelle concimate con nitrato;

Potassio — al quinto stadio le differenze fra i valori riscontrati nei mais dei due campi sono molto rilevanti: i contenuti di K delle piante di C. Leoni sono nella media meno della metà di quel-

li di Castions. Alla fioritura i livelli risultano « adeguati » a Castions e « bassi » a C. Leoni;

Sodio — i valori più elevati sono stati riscontrati nelle piante al 5° stadio di C. Leoni;

Calcio — valori da adeguati ad alti alla fioritura tanto a Castions che a C. Leoni;

Magnesio — solo per qualche valore vengono raggiunti i limiti più bassi di sufficienza in tutte le situazioni;

Silice — non siamo a conoscenza di dati di riferimento; nella generalità i contenuti risultano più elevati nei campioni di Castions che in quelli di C. Leoni e sono sensibilmente più alti nei campioni di foglie delle parcelle non concimate con azoto;

Ferro e Rame — presentano valori adeguati alla fioritura in ambedue i campi;

Manganese — valori adeguati a Castions, bassi a C. Leoni;

Zinco — alla fioritura i valori risultano ai limiti della sufficienza o bassi a seconda degli Autori (16).

Dall'osservazione dei vari rapporti risulta sempre rilevante l'influenza della concimazione azotata. In particolare: il rapporto N/S è sempre superiore ai valori critici di 12-15, valori indicanti lo zolfo presente in quantità limitante per una adeguata formazione delle proteine; i rapporti N/Zn e Fe/Mn sono molto elevati nelle piante di C. Leoni; il rapporto S/Zn è sempre molto basso in tutti i campioni dei due campi.

Per una valutazione dei rapporti fra macro e microelementi abbiamo pochi dati a disposizione, ma sulla base dei livelli e rapporti secondo Dennis (1971) possiamo osservare che alla fioritura risultano squilibrati molti dei rapporti ottenuti.

Nella tabella 7 vengono riportati i valori degli elementi nutritivi espressi in meq/100g, alcuni rapporti e i contenuti in NO_3^- e SO_4^{--} inorganici. Nelle piante di mais dei due campi in prova le differenze dello stato di nutrizione risultano molto forti al 5° stadio, fase di sviluppo veloce della pianta, e limitate alla fioritura, fase riproduttiva.

Nel bilancio degli ioni, che dovrebbe essere mantenuto costante dai cationi inorganici da una parte e dagli anioni inorganici + anioni organici dall'altra, il rapporto Cationi/Anioni inorg. espresso in meq/100g dovrebbe aggirarsi per il mais intorno al valore 0.5. I rapporti da noi calcolati risultano fortemente influenzati dalla concimazione azotata in modo diverso nei due campi, ed i valori relativi ai campioni delle piante di C. Leoni risultano molto bassi per minor presenza di cationi.

TABELLA N. 4 — *Elementi nutritivi nelle piante all'ottava foglia e nelle foglie di mais alla fioritura (% di S.S.).*

Nutrient concentrations in corn plants at 8th leaf stage and ear leaves at silking stage (% D.M.).

	Castions delle Mura												C. Leoni di Aquileia											
	piante all'8ª foglia (5° stadio)						foglie alla fioritura (8° stadio)						piante all'8ª foglia (5° stadio)						foglie alla fioritura (8° stadio)					
	cl 400			cl 600			cl 400			cl 600			cl 400			cl 600			cl 400			cl 600		
	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$
N	3.27	4.76	5.17	3.15	4.47	4.81	2.66	3.66	3.67	2.49	3.34	3.66	4.10	4.63	4.78	3.83	4.62	4.63	3.42	3.54	3.56	3.19	3.28	3.44
P	0.37	0.42	0.42	0.39	0.41	0.40	0.27	0.34	0.34	0.28	0.31	0.31	0.16	0.17	0.16	0.17	0.18	0.17	0.35	0.34	0.33	0.36	0.36	0.36
S	0.18	0.21	0.18	0.22	0.19	0.18	0.14	0.21	0.21	0.16	0.22	0.18	0.08	0.10	0.10	0.06	0.10	0.09	0.18	0.18	0.19	0.17	0.18	0.16
Cl	2.05	1.71	1.16	2.10	1.86	1.30	0.32	0.34	0.34	0.35	0.40	0.41	1.15	1.07	1.01	1.41	1.25	1.01	0.21	0.24	0.29	0.43	0.39	0.43
K	4.77	5.30	4.57	4.47	4.36	3.94	1.97	1.88	1.87	1.91	1.88	1.88	1.98	2.11	2.05	2.23	1.89	2.13	1.49	1.41	1.44	1.49	1.51	1.60
Na	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Ca	0.93	0.78	0.67	0.69	0.67	0.66	0.91	1.08	1.31	0.85	0.90	0.84	0.35	0.22	0.34	0.36	0.34	0.35	0.84	1.12	0.92	0.90	0.77	0.74
Mg	0.29	0.32	0.35	0.30	0.30	0.39	0.11	0.13	0.16	0.20	0.24	0.26	0.05	0.07	0.06	0.08	0.09	0.08	0.25	0.32	0.31	0.16	0.20	0.20
SiO_2	0.91	0.72	0.91	1.43	0.52	0.50	2.36	1.88	1.78	1.71	1.18	1.21	0.29	0.21	0.26	0.30	0.19	0.32	1.52	1.16	1.23	1.25	0.85	1.01
N/P	8.8	11.3	12.3	8.1	10.9	12.0	9.9	10.8	10.8	8.9	10.8	11.8	25.6	27.2	29.9	22.5	25.7	27.2	9.8	10.4	10.8	8.9	9.1	9.6
N/K	0.7	0.9	1.1	0.7	1.0	1.2	1.4	2.0	2.0	1.3	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	1.7	2.4	2.2	2.3	2.5	2.5	2.1	2.2	2.2
N/S	18.2	22.7	28.7	14.3	23.5	26.7	19.0	17.4	17.5	15.6	15.2	20.3	51.3	46.3	47.8	63.8	46.2	51.4	19.0	19.7	18.7	18.7	18.2	21.5
P/S	2.1	2.0	2.3	1.8	2.2	2.2	1.9	1.6	1.6	1.8	1.4	1.7	2.0	1.7	1.6	2.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	2.1	2.0	2.2
S/P	0.49	0.50	0.43	0.56	0.46	0.45	0.52	0.62	0.62	0.57	0.71	0.58	0.50	0.59	0.63	0.35	0.56	0.53	0.51	0.53	0.58	0.47	0.50	0.44
Ca/P	2.5	1.9	1.6	1.8	1.6	1.6	3.4	3.2	3.8	3.0	2.9	2.7	2.2	1.3	2.1	2.1	1.9	2.1	2.4	3.3	2.8	2.5	2.1	2.1
Ca/K	0.19	0.15	0.15	0.15	0.15	0.17	0.46	0.57	0.70	0.45	0.48	0.45	0.18	0.10	0.17	0.16	0.18	0.16	0.56	0.79	0.64	0.60	0.51	0.46
Mg/K	0.06	0.06	0.08	0.07	0.07	0.10	0.06	0.07	0.09	0.10	0.13	0.14	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.17	0.23	0.22	0.11	0.13	0.13
$\frac{N + P}{K}$	0.76	0.98	1.22	0.79	1.12	1.32	1.49	2.13	2.14	1.45	1.94	2.11	2.15	2.27	2.41	1.79	2.54	2.25	2.53	2.75	2.70	2.38	2.41	2.38
$\frac{Ca + Mg}{K}$	0.26	0.21	0.22	0.22	0.22	0.27	0.52	0.64	0.79	0.55	0.61	0.59	0.20	0.14	0.20	0.20	0.23	0.20	0.73	1.02	0.85	0.71	0.64	0.59
$\frac{Ca + Mg + K}{N + S + P}$	1.57	1.19	0.97	1.45	1.05	0.93	0.97	0.73	0.79	1.01	0.78	0.72	0.55	0.49	0.49	0.66	0.47	0.52	0.65	0.70	0.65	0.69	0.65	0.64
$\frac{Ca + Mg + K + Na}{N + S + P + Cl}$	1.02	0.90	0.81	0.94	0.77	0.75	0.88	0.68	0.73	0.91	0.71	0.66	0.44	0.41	0.41	0.50	0.38	0.44	0.62	0.67	0.61	0.62	0.59	0.58

TABELLA N. 5 — *Rapporti fra macro e microelementi nutritivi.*

Nutrient macro and micro elements ratios.

Campo sperimentale di Castions delle Mura.

	Concimazione Kg/ha N	P_2O_5	K_2O	Tratta-mento azotato	% S.S. N	P	S	K	ppm Fe	Mn	Cu	Zn	rapporti (*) N/Zn	P/Zn	Fe/Mn	S/Zn	S/Mn	K/Mn	Fe/Cu	Fe/(Cu+Zn)
Piante al 5° stadio																				
cl 400	66	198	190	O	3.27	0.37	0.18	4.77	178	84	10	39	839	95	2.1	46	21	568	17.8	3.6
cl 400	+ 246 (presemina)			NH_3	4.76	0.42	0.21	5.30	124	75	11	44	1082	96	1.7	48	28	707	11.3	2.3
cl 400	+ 246 (con 2 int.)			$Ca(NO_3)_2$	5.17	0.42	0.18	4.57	250	89	11	44	1175	96	2.8	41	20	513	22.7	4.5
cl 600	66	198	190	O	3.15	0.39	0.22	4.47	250	68	11	44	716	89	3.8	50	32	657	22.7	4.5
cl 600	+ 246 (presemina)			NH_3	4.47	0.41	0.19	4.36	163	59	11	46	972	89	2.8	41	32	739	14.8	2.9
cl 600	+ 246 (con 2 int.)			$Ca(NO_3)_2$	4.81	0.40	0.18	3.94	170	65	11	48	1002	83	2.6	38	28	606	15.5	2.9
Foglie all'8° stadio																				
cl 400	66	198	190	O	2.66	0.27	0.14	1.97	107	57	10	33	806	82	1.9	42	25	346	10.7	2.5
cl 400	+ 246 (presemina)			NH_3	3.66	0.34	0.21	1.88	127	89	16	44	832	77	1.4	48	24	211	7.9	2.1
cl 400	+ 246 (con 2 int.)			$Ca(NO_3)_2$	3.67	0.34	0.21	1.87	136	84	16	46	798	74	1.6	46	25	223	8.5	2.2
cl 600	66	198	190	O	2.49	0.28	0.16	1.91	107	52	9	33	755	85	2.1	48	31	367	11.9	2.6
cl 600	+ 246 (presemina)			NH_3	3.34	0.31	0.22	1.88	127	74	14	45	742	69	1.7	49	30	254	9.0	2.2
cl 600	+ 246 (con 2 int.)			$Ca(NO_3)_2$	3.66	0.31	0.18	1.88	142	74	14	47	779	66	1.9	38	24	254	10.1	2.3
(*) Rapporti secondo Dennis (1971):													1000	100	2	80	30	400	12.5	3.5

segue TABELLA N. 5 bis — *Rapporti fra macro e microelementi nutritivi.*

Nutrient macro and micro elements ratios.

Campo sperimentale di C. Leoni di Aquileia.

	Concimazione Kg/ha N	P_2O_5	K_2O	Trattamento azotato	% S.S. N	P	S	K	ppm Fe	Mn	Cu	Zn	Rapporti (*) N/Zn	P/Zn	Fe/Mn	S/Zn	S/Mn	K/Mn	Fe/Cu	Fe/Cu
Piante al 5° stadio																				
cl 400	36	92	180	O	4.10	0.16	0.08	1.98	97	24	5	17	2412	94	4.0	47	33	825	19.4	4.4
cl 400	+ 246 (presemina)			NH_3	4.63	0.17	0.10	2.11	98	24	7	17	2724	100	4.1	59	42	879	14.0	4.1
cl 400	+ 246 (con 2 int.)			$Ca(NO_3)_2$	4.78	0.16	0.10	2.05	93	20	5	17	2812	94	4.7	59	50	1025	18.6	4.2
cl 600	36	91	180	O	3.83	0.17	0.06	2.23	88	18	5	16	2394	106	4.9	38	33	1239	17.6	4.2
cl 600	+ 246 (presemina)			NH_3	4.62	0.18	0.10	1.89	88	21	7	17	2718	106	4.2	59	48	900	12.6	3.7
cl 600	+ 246 (con 2 int.)			$Ca(NO_3)_2$	4.63	0.17	0.09	2.13	114	18	5	16	2894	106	6.3	56	50	1183	22.8	5.4
Foglie all'8° stadio																				
cl 400	36	92	180	O	3.42	0.35	0.18	1.49	127	46	16	28	1221	125	2.8	64	39	324	7.9	2.9
cl 400	+ 246 (presemina)			NH_3	3.54	0.34	0.18	1.41	118	48	16	30	1180	113	2.5	60	38	294	7.4	2.6
cl 400	+ 246 (con 2 int.)			$Ca(NO_3)_2$	3.56	0.33	0.19	1.44	127	46	16	30	1187	110	2.8	63	41	313	7.9	3.5
cl 600	36	92	180	O	3.19	0.36	0.17	1.49	118	37	16	30	1063	120	3.2	57	46	403	7.4	2.6
cl 600	+ 246 (presemina)			NH_3	3.28	0.36	0.18	1.51	116	44	16	37	887	97	2.6	49	41	343	7.3	2.2
cl 600	+ 246 (con 2 int.)			$Ca(NO_3)_2$	3.44	0.36	0.16	1.60	118	37	18	33	1042	109	3.2	49	43	432	6.6	2.3
(*) Rapporti secondo Dennis (1971):													1000	100	2	80	30	400	12.5	3.5

TABELLA N. 6 — *Valutazione dello stato nutrizionale di piante all'ottava foglia e di foglie di mais alla fioritura.*

Nutrient status of mais whole plants and ear leaves at flowering stage.

		Piante all'ottava foglia (5° stadio)			foglie alla fioritura (8° stadio)		
		Loekman (1969) limiti di sufficienza	Valori min. e max		Neubert et. al (1969) limiti di sufficienza	Valori min. e max	
			Castions	C. Leoni		Castions	C. Leoni
N	%	3.5—5.0	3.15—4.81	3.83—4.78	2.60—4.00	2.49—3.67	3.19—3.54
P	%	0.4—0.8	0.37—0.42	0.16—0.18	0.25—0.50	0.27—0.34	0.33—0.36
S	%	0.2—0.3	0.18—0.22	0.06—0.10	0.21—0.50	0.14—0.21	0.16—0.19
Cl	%	—	1.16—2.05	1.01—1.25	—	0.32—0.41	0.21—0.43
K	%	3.0—5.0	3.94—5.30	1.98—2.23	1.70—3.00	1.87—1.97	1.41—1.60
Na	%	—	0.02	0.04—0.05	—	0.01	0.01
Ca	%	0.9—1.6	0.66—0.93	0.22—0.36	0.21—1.00	0.84—1.31	0.74—1.12
Mg	%	0.3—0.8	0.29—0.39	0.05—0.09	0.31—0.50	0.11—0.26	0.16—0.32
SiO_2	%	—	0.50—1.43	0.21—0.32	—	1.18—2.36	0.85—1.52
Fe	ppm	50—300	124—250	88—114	21—250	107—142	116—127
Mn	ppm	50—160	65—89	18—24	34—200	52—89	37—48
Cu	ppm	7—20	10—11	5—7	8—20	9—16	16—18
Zn	ppm	20—50	39—48	16—17	50—150	33—47	28—37

Nella tabella 8 vengono riassunti i valori relativi alla somma degli anioni, alla somma dei cationi, alla somma degli anioni inorganici ($H_2PO^-_4$, Cl^-, $NO^-_{3\ inorg.}$, $SO^{--}_{4\ inorg.}$) l'eccesso di basi EB, il rapporto EB/N, la differenza A-C = (HCO^-_3), la differenza $C\text{-}A_{inorg.}$ = (anioni organici); la somma N + S = (anioni organici + HCO^-_3).

La somma N + S espressa in meq/100g risulta praticamente equivalente alla somma anioni organici + HCO^-_3 quando nelle piante e nelle foglie i valori di NO^-_3 e SO^{--}_4 inorganici solubili sono trascurabili.

Nella tabella 10 vengono riassunti i dati espressi in % di sostanza secca relativi ad azoto, cloro e silicio. Scarsi sono i dati reperibili in letteratura su questi due elementi e riteniamo utile soffermarci su quanto abbiamo potuto rilevare dalle analisi fino ad ora da noi effettuate sui campioni di mais delle varie prove di concimazione azotata.

Il *cloro* è uno degli elementi indispensabili per la vita vegetale ma la sua vera funzione non è ancora ben conosciuta. Sembra che la quantità necessaria alla crescita delle piante sia molto piccola (dell'ordine di 0.01 meq per grammo di sostanza secca), ma è noto che la sua concentrazione può variare entro limiti molto ampi. I valori da noi riscontrati nelle foglie di mais alla fioritura, prelevate dalle varie prove di concimazione condotte nell'arco di diversi anni, sono compresi fra 0.10% e 0.43% di sostanza secca. I dati ottenuti dall'analisi dei campioni di mais oggetto di queste ricerche ci permettono di mettere in evidenza che le forti quantità di cloro presenti nelle piante intere (in confronto con le normali quantità riscontrate nelle foglie) sono particolarmente elevate nei campioni delle parcelle controllo (azoto dose zero) e diminuiscono nei campioni delle piante concimate con azoto, più decisamente in quelle derivate dalle parcelle trattate con nitrati. Le quantità percentuali e le differenze si rilevano più sensibili nei campioni di Castions rispetto a quello di C. Leoni. Con la concimazione potassica sono state apportate quantità di cloro (Cl) pari a 143 e 136 Kg/ha rispettivamente. Lo ione Cl^-, considerato un cofattore essenziale nella fotosintesi, agirebbe inoltre come « counter-ion » nei rapidi flussi del potassio contribuendo al turgore (12).

Il *silicio* non viene mai inserito nel calcolo degli anioni, essendo l'acido silico un acido molto debole e dissociabile solo a pH molto alto rispetto a quello dei tessuti delle piante. Il contenuto in silicio nelle piante è molto vario e dipende da numerosi fattori. I dati finora raccolti, in vari anni di ricerche sulla concimazione azotata, ci permettono di segnalare una correlazione negativa significativa ($r = -0.659$, $t_r = 5.54$) fra azoto e silicio, che trova conferma nei dati ottenuti da queste prove.

TABELLA N. 7 — *Elementi nutritivi nelle piante e nelle foglie di mais (meq/100g S.S.).*

Nutrient concentrations in corn plants and ear leaves at silking stage (meq/100g D.M.).

	Castions delle Mura												C. Leoni di Aquileia											
	Piante all'ottava foglia (5° stadio)						Foglie alla fioritura (8° stadio)						Piante all'ottava foglia (5° stadio)						Foglie alla fioritura (8° stadio)					
	cl 400			cl 600			cl 400			cl 600			cl 400			cl 600			cl 400			cl 600		
	O	NH_3	Ca $(NO_3)_2$	O	NH_3	Ca $(NO_3)_2$	O	NH_3	Ca $(NO_3)_2$	O	NH_3	Ca $(NO_3)_2$	O	NH_3	Ca $(NO_3)_2$	O	NH_3	Ca $(NO_3)_2$	O	NH_3	Ca $(NO_3)_2$	O	NH_3	Ca $(NO_3)_2$
NO^-_3 (da N Kj)	222.4	291.2	307.4	217.4	277.5	301.2	189.9	261.2	261.2	177.4	238.0	260.6	271.2	298.7	304.9	254.9	302.4	302.4	243.7	252.4	253.7	227.4	233.7	244.9
$H_2PO^-_4$	11.9	13.6	13.6	12.6	13.2	12.9	8.7	11.0	11.0	9.0	10.0	10.0	5.2	5.5	5.2	5.5	5.8	5.5	11.3	11.0	10.7	11.6	11.6	11.6
SO^{--}_4	11.2	13.1	11.2	13.7	11.9	11.2	8.7	13.1	13.1	10.0	13.7	11.2	5.0	6.2	6.2	3.7	6.2	5.6	11.2	11.2	11.9	10.6	11.2	10.0
Cl^-	57.8	48.2	32.7	59.2	52.5	36.6	9.0	9.6	9.6	9.9	11.3	11.6	32.4	30.2	28.5	43.0	35.3	28.5	5.9	6.8	8.2	12.1	11.0	12.1
K^+	122.0	135.6	116.9	114.3	111.5	100.8	50.4	47.8	47.8	48.9	47.8	47.8	50.6	54.0	52.4	57.0	48.3	54.5	38.1	36.1	36.8	38.1	38.6	40.9
Na^+	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	2.1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Ca^{++}	46.4	38.9	33.4	34.4	33.4	32.9	45.4	53.9	65.4	42.4	44.9	41.9	17.5	11.0	17.0	18.0	17.0	17.5	41.9	55.9	45.9	44.9	38.4	36.9
Mg^{++}	23.8	26.3	28.8	24.7	24.7	32.1	9.0	10.7	13.2	16.5	19.7	21.4	4.1	5.8	4.9	6.6	7.4	6.6	20.6	26.3	25.5	13.2	16.5	16.5
K/Ca	2.6	3.5	3.5	3.3	3.3	3.1	1.1	0.9	0.7	1.2	1.1	1.1	2.9	4.9	3.1	3.2	2.8	3.1	0.9	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
K/Mg	5.1	5.2	4.1	4.6	4.5	3.1	5.6	4.5	3.6	3.0	2.4	2.2	12.3	9.3	10.7	8.6	6.5	8.3	1.9	1.4	1.4	2.9	2.3	2.5
K/Na	135.6	150.7	129.9	127.0	123.9	112.0	126.0	119.5	119.5	122.3	119.5	119.5	29.8	31.8	30.8	33.5	28.4	26.0	95.3	90.3	92.0	95.3	96.5	102.2
Ca/Mg	1.9	1.5	1.2	1.4	1.4	1.0	5.0	5.0	5.0	2.6	2.3	2.0	4.3	1.9	3.5	2.7	2.3	2.7	2.0	2.1	1.8	3.4	2.3	2.2
$\frac{Ca + Mg}{K + Na}$	0.57	0.48	0.53	0.51	0.52	0.64	1.07	1.34	1.63	1.19	1.34	1.31	0.41	0.30	0.40	0.42	0.49	0.43	1.6	2.3	1.9	1.5	1.4	1.3
N/P	18.7	21.4	22.6	17.3	21.0	23.3	21.8	23.7	23.7	19.7	23.8	26.1	52.2	54.3	58.6	46.3	52.1	55.0	21.6	22.9	23.7	19.6	20.1	21.1
N/K	1.8	2.1	2.6	1.9	2.5	3.0	3.8	5.5	5.5	3.6	5.0	5.5	5.4	5.5	5.8	4.5	6.3	5.6	6.4	7.0	6.9	6.0	6.1	6.0
$\frac{N + P}{K}$	1.9	2.2	2.7	2.0	2.6	3.1	3.9	5.7	5.8	3.8	5.2	5.7	5.5	5.6	5.9	4.6	6.4	5.7	6.7	7.3	7.2	6.3	6.4	6.3
P/Ca	0.26	0.35	0.41	0.37	0.40	0.39	0.19	0.20	0.17	0.21	0.22	0.24	0.30	0.50	0.31	0.31	0.34	0.31	0.27	0.20	0.23	0.26	0.30	0.28
$\frac{Ca + Mg + K + Na}{N + S + P + Cl}$	0.64	0.55	0.49	0.58	0.48	0.46	0.49	0.38	0.43	0.52	0.41	0.38	0.24	0.21	0.22	0.27	0.21	0.24	0.37	0.42	0.38	0.37	0.35	0.34
NO^-_3 inorg.	10.8	48.4	61.5	7.6	42.0	42.1	0.3	0.7	0.9	0.4	0.5	0.8	21.6	32.2	36.4	18.6	27.2	28.1	0.5	0.5	0.6	0.6	0.9	0.9
SO^{--}_4 inorg.	0.8	ass.	ass.	3.5	ass.	ass.	tr.	ass.	ass.	0.4	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	ass.	tr.	ass.	ass.	tr.	ass.	ass.

TABELLA N. 8 — *Anioni e Cationi nelle piante e nelle foglie di mais.*

Anions and Cations in plants and ear leaves of corn.

	Castions delle Mura												C. Leoni di Aquileia											
	Piante all'ottava foglia (5° stadio)						Foglie alla fioritura (8° stadio)						Piante all'ottava foglia (5° stadio)						Foglie alla fioritura (8° stadio)					
	cl 400			cl 600			cl 400			cl 600			cl 400			cl 600			cl 400			cl 600		
	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$	O	NH_3	$Ca(NO_3)_2$
Σ Anioni	303.3	366.1	364.9	302.9	355.1	361.9	216.3	294.9	294.9	206.3	273.0	293.4	313.8	340.6	344.8	307.1	349.7	342.0	272.1	281.4	284.5	261.7	267.5	278.6
Σ Cationi	193.1	201.7	180.0	174.3	170.5	166.7	105.2	112.8	126.8	108.2	112.8	111.5	73.9	72.5	76.0	83.3	74.4	80.7	101.0	118.7	108.6	96.6	93.9	94.7
Σ Anioni inorg.	81.3	110.2	107.8	82.9	107.7	91.6	18.0	21.3	21.5	19.7	21.8	22.4	59.2	67.9	70.1	67.1	68.3	62.1	17.7	18.3	19.5	24.3	23.5	24.6
EB	112.2	126.8	122.5	88.8	92.9	106.0	78.8	79.1	93.1	79.3	77.8	78.7	31.3	30.6	36.1	31.1	27.1	39.6	72.6	89.7	77.8	62.3	60.1	61.0
EB/N	0.50	0.44	0.40	0.41	0.33	0.35	0.41	0.30	0.36	0.45	0.33	0.30	0.12	0.10	0.12	0.12	0.09	0.13	0.30	0.36	0.31	0.27	0.26	0.25
A — C (HCO^-_3)	110.2	164.4	184.9	128.6	184.6	195.2	111.1	182.1	168.1	98.1	160.2	181.9	239.9	268.1	268.8	223.8	275.3	261.3	171.1	162.7	175.9	165.1	173.6	183.9
C — A_{inorg} (An. org.)	111.8	91.5	72.2	91.4	62.8	75.1	87.2	91.5	105.3	88.5	91.0	89.1	14.7	4.6	5.9	16.1	6.1	18.6	83.3	100.4	89.1	72.3	70.4	70.1
N + S (Anioni org. + + HCO^-_3)	233.6	304.3	318.6	231.1	289.4	312.4	198.6	274.3	274.3	187.4	251.7	271.8	276.2	304.9	311.1	258.6	308.6	308.0	254.9	263.6	265.6	238.0	244.9	254.9

Indici DRIS e tentativi di interpretazione

Nella tabella 9 vengono riportati i valori degli indici DRIS calcolati secondo Beaufils e Sumner (2), (14), (15), (16), la somma degli indici indipendentemente dal segno e gli ordini di necessità dei sei elementi (N, P, K, Ca, Mg, S) riscontrati nei campioni di mais al 5° e all'8° stadio dei due campi in prova, nonchè le relative produzioni medie in qli/ha di granella con 15.5% di umidità.

Dall'osservazione dei dati si possono trarre le sottoriportate indicazioni.

Campo di Castions:

— gli indici relativi all'azoto risultano quasi sempre negativi con la dose zero e decisamente positivi con la concimazione nitrica all'epoca della fase di sviluppo del mais che aveva ricevuto metà dose di concime azotato;

— per il fosforo sono stati ottenuti indici sempre positivi e compresi fra 3 e 10;

— gli indici del potassio sono sempre positivi e molto elevati al 5° stadio mentre all'8° stadio risultano negativi tanto per i campioni concimati con azoto nitrico che ammoniacale;

— il calcio presenta indici negativi al 5° stadio e fortemente positivi all'8° stadio;

— gli indici riguardanti il magnesio sono sempre negativi, e maggiormente nella fase di fioritura, in particolare per la varietà cl 400;

— gli indici relativi allo zolfo risultano sempre negativi e sempre al primo posto nell'ordine di necessità degli elementi, in particolare al 5° stadio;

Campo di C. Leoni - Aquileia:

— l'azoto presenta indici sempre positivi e particolarmente elevati al 5° stadio;

— gli indici del fosforo risultano positivi al 5° stadio con azoto dose zero, negativi con l'apporto di azoto e in particolare nei campioni concimati con nitrato di calcio nella prima fase di intervento. Alla fioritura gli indici risultano tutti nettamente positivi;

— il potassio presenta indici altamente positivi al 5° stadio e valori negativi alla fioritura;

— gli indici relativi al calcio risultano negativi al 5° stadio nei campioni delle parcelle concimate con azoto e positivi quelli con dose zero mentre all'ottavo stadio (fioritura) tutti i valori sono nettamente positivi;

— magnesio e zolfo presentano indici DRIS uniformemente negativi e in particolare nei campioni relativi al 5° stadio. Questi risultati confermano quanto è stato qui rilevato nella valutazione dei limiti di sufficienza di questi due elementi.

TABELLA N. 9 — *Indici DRIS e ordine di necessità degli elementi nutritivi.*

DRIS indices and order of element requirement.

Campo sperimentale di Castions delle Mura

	Concimazione Kg/ha N P_2O_5 K_2O	Trattamento azotato	% sulla S.S.						Indici DRIS						Σ degli indici	Ordine di necessità degli elementi nutritivi	Produzione q.li/ha granella 15.5% umid.
			N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S			
Piante al 5° stadio																	
cl 400	66 198 190	O	3.27	0.37	4.77	0.93	0.29	0.18	—5	3	33	8	—9	—30	88	S>Mg>N>P>Ca>K	
cl 400	+ 246 (presemina)	NH_3	4.76	0.42	5.30	0.78	0.32	0.21	8	3	31	—3	—9	—30	84	S>Mg>Ca>P>N>K	
cl 400	+ 246 (con 2 int.)	$Ca(NO_3)_2$	5.17	0.42	4.57	0.67	0.35	0.18	17	5	26	—7	—4	—37	96	S>Ca>Mg>P>N>K	
cl 600	66 198 190	O	3.15	0.39	4.47	0.69	0.30	0.22	—6	5	27	—2	—7	—17	64	S>Mg>N>Ca>P>K	
cl 600	+ 246 (presemina)	NH_3	4.47	0.41	4.36	0.67	0.30	0.19	10	7	25	—5	—8	—29	84	S>Mg>Ca>P>N>K	
cl 600	+ 246 (con 2 int.)	$Ca(NO_3)_2$	4.81	0.40	3.94	0.66	0.39	0.18	14	5	20	—7	0	—32	78	S>Ca>Mg>P>N>K	
Foglie all'8° stadio																	
cl 400	66 198 190	O	2.66	0.27	1.97	0.91	0.11	0.14	6	10	9	32	—38	—19	114	Mg>S>N>K>P>Ca	63.6
cl 400	+ 246 (presemina)	NH_3	3.66	0.34	1.88	1.08	0.13	0.21	10	10	—1	29	—39	—9	98	Mg>S>K>N>P>Ca	99.9
cl 400	+ 246 (con 2 int.)	$Ca(NO_3)_2$	3.67	0.34	1.87	1.31	0.16	0.21	6	7	—4	35	—34	—10	96	Mg>S>K>N>P>Ca	94.9
cl 600	66 198 190	O	2.49	0.28	1.91	0.85	0.20	0.16	—2	5	4	18	—12	—13	54	S>Mg>N>K>P>Ca	75.1
cl 600	+ 246 (presemina)	NH_3	3.34	0.31	1.88	0.90	0.24	0.22	3	3	—2	12	—10	—6	36	Mg>S>K>N>P>Ca	110.2
cl 600	+ 246 (con 2 int.)	$Ca(NO_3)_2$	3.66	0.31	1.88	0.84	0.26	0.18	9	4	0	10	—7	—16	46	S>Mg>K>P>N>Ca	115.1

segue TABELLA N. 9 bis — *Indici DRIS e ordine di necessità degli elementi nutritivi.*

DRIS indices and order of element requirement.

Campo sperimentale di C. Leoni di Aquileia

	Concimazione Kg/ha N P_2O_5 K_2O	Tratta-mento azotato	% sulla S.S.						Indici DRIS						Σ degli indici	Ordine di necessità degli elementi nutritivi	Produzione q.li/ha granella 15.5% umid.
			N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S			
Piante al 5° stadio																	
cl 400	36 92 180	O	4.10	0.16	1.98	0.35	0.05	0.08	79	2	32	6	—71	—48	238	Mg>S>P>Ca>K>N	
cl 400	+ 246 (presemina)	NH_3	4.63	0.17	2.11	0.22	0.07	0.10	81	—1	29	—26	—47	—36	220	Mg>S>Ca>P>K>N	
cl 400	+ 246 (con 2 int.)	$Ca(NO_3)_2$	4.78	0.16	2.05	0.34	0.06	0.10	81	—6	26	—2	—62	—37	214	Mg>S>P>Ca>K>N	
cl 600	36 92 180	O	3.83	0.17	2.23	0.36	0.08	0.06	70	2	41	2	—37	—78	230	S>Mg>P>Ca>K>N	
cl 600	+ 246 (presemina)	NH_3	4.62	0.18	1.89	0.34	0.09	0.10	66	—2	18	—7	—35	—40	168	S>Mg>P>Ca>K>N	
cl 600	+ 246 (con 2 int.)	$Ca(NO_3)_2$	4.63	0.17	2.13	0.35	0.08	0.09	72	—4	27	—4	—42	—47	194	S>Mg>P>Ca>K>N	
Foglie all'8° stadio																	
cl 400	36 92 180	O	3.42	0.35	1.49	0.84	0.25	0.18	7	10	—8	12	—8	—13	58	S>Mg>K>N>P>Ca	112.0
cl 400	+ 246 (presemina)	NH_3	3.54	0.34	1.41	1.12	0.32	0.18	5	6	—13	21	—3	—16	64	S>K>Mg>N>P>Ca	115.7
cl 400	+ 246 (con 2 int.)	$Ca(NO_3)_2$	3.56	0.33	1.44	0.92	0.31	0.19	7	6	—11	13	—3	—12	52	S>K>Mg>P>N>Ca	123.7
cl 600	36 92 180	O	3.19	0.36	1.49	0.90	0.16	0.17	7	16	—6	21	—24	—14	88	Mg>S>K>N>P>Ca	105.9
cl 600	+ 246 (presemina)	NH_3	3.28	0.36	1.51	0.77	0.20	0.18	7	13	—6	11	—14	—11	62	Mg>S>K>N>Ca>P	107.7
cl 600	+ 246 (con 2 int.)	$Ca(NO_3)_2$	3.44	0.36	1.60	0.74	0.20	0.16	11	14	—4	10	—14	—17	70	S>Mg>K>Ca>N>P	120.0

TABELLA N. 10 — *Azoto, cloro e silicio nelle piante e nelle foglie (% di S.S.).*

Nitrogen, Chlorine and Silicon in corn plants and ear leaves at silking stage (% D.M.).

		O			NH_3			$Ca(NO_3)_2$		
		N	Cl	Si	N	Cl	Si	N	Cl	Si
Piante all'ottava foglia (5° statdio) (*)										
Castions	cl 400	3.27	2.05	0.42	4.76	1.71	0.34	5.17	1.16	0.42
	cl 600	3.15	2.10	0.67	4.47	1.86	0.24	4.81	1.30	0.23
C. Leoni	cl 400	4.10	1.15	0.13	4.63	1.07	0.10	4.78	1.01	0.12
	cl 600	3.83	1.41	0.14	4.62	1.25	0.09	4.63	1.01	0.15
Foglie alla fioritura (8° stadio)										
Castions	cl 400	2.66	0.32	1.10	3.66	0.34	0.88	3.67	0.34	0.83
	cl 600	2.49	0.35	0.80	3.34	0.40	0.55	3.66	0.41	0.56
C. Leoni	cl 400	3.42	0.21	0.71	3.54	0.24	0.54	3.56	0.29	0.57
	cl 600	3.19	0.43	0.58	3.28	0.39	0.40	3.44	0.43	0.47

(*) Al 5° stadio le piante di mais avevano avuto a disposizione metà dell'azoto nitrico.

Gli alti valori delle somme degli indici DRIS, calcolati indipendentemente dal segno, per i due mais in prova a C. Leoni, rivelano al 5° stadio un forte squilibrio di nutrizione che potrebbe essere legato a momentanei eccessi di azoto e potassio, i quali possono inoltre accentuare effetti negativi per eventuali limitate disponibilità di magnesio e zolfo.

Considerazioni conclusive

Le prove di concimazione azotata ammoniacale (presemina) e nitrica (due interventi in copertura), condotte su terreni calcarei di diversa natura in due località del Friuli-Venezia Giulia, hanno dato modo di confermare la validità dell'analisi fogliare per mettere in evidenza il diverso assorbimento dei vari anioni e cationi in due varietà di mais, di cui sono state analizzate le piante intere allo stadio di sviluppo veloce della pianta (emissione ottava foglia) e le foglie dell'infiorescenza femminile al momento della fioritura (emissione della seta nelle spighe).

Le forme di azoto riscontrate nei terreni dalla semina alla maturazione sono state poste a confronto con le forme di azoto presenti nelle piante intere al 5° stadio e nelle foglie all'ottavo stadio per ognuno dei trattamenti concimanti. In ambedue le località le disponibilità di azoto nitrico sono risultate sensibili dalla semina alla maturazione tanto nel primo che nel secondo strato di terreno.

I forti aumenti di azoto nitrico nelle piante delle parcelle concimate con NH_3 sono risultate nel complesso equivalenti a quelli riscontrati nelle piante concimate con mezza dose di nitrato di calcio in copertura e più sensibili nei mais cl 400, ma nel complesso decisamente più elevati nei campioni del campo di Castions rispetto a quelli ottenuti dal campo di C. Leoni.

Se le percentuali degli elementi nutritivi (N, P, S, Cl, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn) determinati al quinto stadio vengono giudicate sulla base dei « livelli adeguati » riportati in letteratura, i campioni di Castions presentano livelli bassi di azoto nella sola dose zero e di zolfo e magnesio nella generalità.

I campioni di C. Leoni invece hanno fornito dati inferiori ai limiti di sufficienza per tutti gli elementi macro e micro, eccetto l'azoto che ha presentato livelli alti anche con la dose zero.

Alla fioritura i campioni di foglie prelevati a Castions presentano livelli adeguati o valori che si avvicinano al limite di sufficienza per tutti gli elementi, fatta eccezione ancora per zolfo e magnesio, mentre i livelli di C. Leoni risultano adeguati solo per N, P, Ca, Fe e bassi per S, K, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn.

I valori dei rapporti cationi/anioni, dei rapporti fra macro e microelementi, dell'eccesso di basi, dei rapporti EB/N, delle differenze A-C e $C\text{-}A_{inorg.}$ ci portano a rilevare che le forti diversità fra i mais dei due campi si manifestano allo stadio dell'ottava foglia, quando le piante intere di C. Leoni presentano valori molto bassi nella somma dei cationi, nel rapporto EB/N, in acidi organici calcolati e valori elevati di A-C = (HCO^-_3).

Il peso medio di una pianta di mais all'ottava foglia di C. Leoni (g 4.42) è risultato notevolmente inferiore al peso di una pianta di Castions (g 6.40).

Alla fioritura invece non sono state riscontrate differenze di rilievo nel complesso della composizione dei campioni delle foglie di mais dei due campi in prova, fatta eccezione per alcuni microelementi.

Gli indici DRIS (calcolati per N, P, K, Ca, Mg, S) danno conferma di quanto rilevato a proposito dei limiti di sufficienza e quantificano in modo evidente l'influenza che può aver avuto a C. Leoni, l'eccesso di azoto nella prima fase della coltura dei mais, la diversa disponibilità di potassio e calcio nelle due fasi della coltura e la deficienza di magnesio e zolfo.

L'applicazione di forti quantità di fertilizzanti per ottenere elevate produzioni non è buona pratica agraria. E' necessario tendere ad un appropriato equilibrio fra i vari elementi nutritivi, valutando in primo luogo le reali necessità di azoto in relazione ad ogni specifica situazione (clima, natura e stato di fertilità del terreno, disponibilità di giuste quantità d'acqua nelle varie fasi fenologiche) al fine non solo di contenere le perdite dell'elemento ma di limitare il costo energetico globale della coltura.

Nella monocoltura a mais va rilevato che il terreno può rimanere privo di vegetazione per vari mesi nel periodo di massime precipitazioni e che le quantità di nitrati riscontrate lungo il profilo alla fine della coltura difficilmente potranno essere disponibili per la successiva coltura primaverile.

In base ai dati ottenuti le prove, programmate nell'arco di tre anni, verranno possibilmente ampliate nel tentativo di raccogliere il maggior numero di elementi utili per una corretta interpretazione.

RIASSUNTO

Le prove di concimazione azotata sono state condotte su due terreni della pianura friulana con lo scopo di valutare le possibili relazioni fra forme di azoto aggiunte ($N\text{-}NH_4$ e $N\text{-}NO_3$), produzione e composizione fogliare del mais. Su piante intere allo stadio di ottava foglia e sulle foglie dell'infiorescenza femminile raccolte alla fioritura sono stati determinati gli elementi nutritivi (N, P, K, Na, Ca, Mg, S, Cl, SiO_2, Fe Mn, Cu, Zn) e calcolati i relativi rapporti, i bilanci anioni-cationi e gli indici DRIS secondo Beaufils. In questo primo anno di prove la concimazione azotata ha influenzato, diversamente nei due campi, l'assorbimento dei vari ioni particolarmente allo stadio di ottava foglia, fase di sviluppo veloce della pianta.

SUMMARY

Field researches and nitrogen fertilisation experiments were performed on two calcareous soils of N-E Italy (Friuli Venezia Giulia) in order to study the relationships among nitrogen effects ($N\text{-}NH_4$ and $N\text{-}NO_3$), corn grain yields and leaf chemical composition. On whole plants at 8th leaf stage and on ear leaves at silking stage nutritive elements (N, P, K, Na, Ca, Mg, S, Cl, SiO_2, Fe, Mn, Cu, Zn), were determined, and cation-anion balances, ratios, correlations among nutrients and Beaufils indices DRIS were calculated. Nutrient content of whole plants at 8th leaf stage were affected in different way by nitrogen in this first year of rechearches.

BIBLIOGRAFIA

[1] ARNON, I., Mineral nutrition of maize. International Potash Institute. Bern, Switzerland 1975.

[2] BEAUFILS, E.R., Plant/Soil/Environment calibration (DRIS) 4th Intern. Colloquium on the control of plant nutrition. Vol. I. Gent 6-11 Sept. 1976.

[3] COTTENIE, A., Present status of plant analysis as a method for preparation of fertilizer recomendations. FAO Soils Bulletin 38/1 Rome 1980.

[4] DAVIDESEN, D., DAVIDESEN, V., Evaluation of fertility by plant and soil analysis. Abacus Press 1982. Printed in Romania.

[5] DENNIS, E.J., Micronutrients - A new dimension in agriculture. Publ. nat. fert. sol. Assoc. Peoria, Illinois, USA 1971.

[6] DIBB, D.W., WELCH, L.F., Corn growth as affected by Ammonium vs. Nitrate absorbed from soil. Agron. Journ. 68: 89-94, 1976.

[7] DIJKSHOORN, W., The relation of growth to the chief ionic constituents of the plant. Ecological aspects of the mineral nutrition of plant. Ed. Robinson, J.H. 1968.

[8] DIJKSHOORN, W., Partition of ionic constituents between organs. Recent Advances in plant nutrition, vol. 2, Ed. Samish, R.M. 1971.

[9] GASHAW, L., MUGWIRA, L.M., Ammonium-N and Nitrate-N effects on the growth and mineral composition of triticale, wheat, and Rye. Agron. J. 75: 47-51, 1981.

[10] KIRBY, E.A., Ion uptake and ionic balance in plants in relation to the form of nitrogen nutrition. Ecological aspects of the mineral nutrition of plants. Ed. Robinson, I.A. Blakwell Sci. Publ. Oxford, Edimburgo 1969.

[11] JONES, J.B. Jr. ECK, H.W., Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In Soil testing and plant analysis. Ed. Walsh, L.M., Beaton, J.D., S.S.S.A. Inc. USA 1973.

[12] MENGEL, K., KIRKBY, E.A., Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Bern, Switzerland 1982.

[13] MOLLER NIELSEN, J., FRIIS-NIELSEN, B., Evaluation and control of the nutritional status of cereals. II Pure-effect of a nutrient. Plant and Soil 45, 339-351, 1976.

[14] SUMNER, M.E., Application of Beaufils' diagnostic indices to maize data published in the literature irrespectively of age and conditions. Plant and Soil 46, 359-369, 1977.

[15] SUMNER, M.E., Diagnosing the sulfur requirements of corn and wheat using foliar analysis. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 87-90, 1981.

[16] VISINTINI ROMANIN, M., Le necessità potassiche di mais ibridi per le massime produzioni: analisi fogliare e calcolo degli indici DRIS (Diagnosis and recommendation integrated system). Ann. Ist. Sperim. Nutr. Piante, Vol. pubbl. n. 11, Roma 1982.

Tipografia del Genio Civile - Via Nomentana 10-12 - Roma Tel. 85.90.75 - 86.27.30